

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-6227

(43)公開日 平成7年(1995)1月10日

(51)IntCl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 1/00				
H 0 4 N 7/18	K	9287-5L	G 0 6 F 15/ 62	3 8 0
		8420-5L	15/ 66	4 7 0 K

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平5-354629

(22)出願日 平成5年(1993)12月29日

(31)優先権主張番号 9 2 1 5 8 3 6

(32)優先日 1992年12月29日

(33)優先権主張国 フランス (F R)

(71)出願人 592098322

フィリップス エレクトロニクス ネムロ
ーゼ フェンノートシャップPHILIPS ELECTRONICS
NEAMLOZE VENNOOTSH
APオランダ国 5621 ベーアー アイन्द
ーフェン フルーネヴァウツウェッハ1

(72)発明者 ビエール ルロン

フランス国 94130 ノジャン スル マ
ルン リュ デュ ジェネラル フェドア
ーブ 6

(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

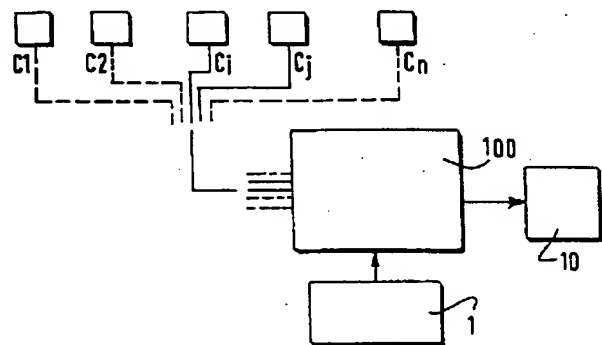
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 隣接する複数画像より画像を形成する画像処理方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 隣接画像から画像を構築するための画像処理方法及び装置の提供。

【構成】 固定フレーム線と原画像(I₁, ..., I_i, I_j, ..., I_n)とを持つ隣接画像から目標画像(I_o)を構築する画像処理方法で該原画像及び目標画像はほぼ共通の視点を持つ。この方法は、画像のデジタル化、目標画像の画素の1つに対し全原画像(I_j)の1つ中の対応の点のアドレス(A_q)の決定、この対応の点の輝度値(F)の決定、この対応の画素の輝度値を目標画像中の出発画素に割当て、の各ステップ及び目標画像の各画素に対し以上のステップの繰り返しを含む。また、この方法を実行する装置ではn個の固定実カメラ(C₁, ..., C_n)が広角視野をカバーし共通視点(P)を持つn個の隣接原画像(I₁, ..., I_n)を供給する。画像再構成システム(100)が広角視野の目標画像(I_o)という副画像を与えるため仮想カメラ(C_o)という移動カメラをシミュレートし、同じ視点(P)を持つ原画像の基づき構築される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原画像（ソース イメージ： $I_i, \dots, I_i, I_j, \dots, I_n$ ）と称される固定フレーム ラインを有する隣接した画像より目標画像（ターゲット イメージ： I_o ）を構成する画像処理方法で、前記原画像と、目標画像とがほぼ共通の視点（ビュー ポイント）を有している画像の処理方法において、
画像をデジタル化する工程、

目標画像（ I_o ）の画素の一つに対して、全原画像（ I_j ）の1つ内の対応点のアドレス（ A_q ）を決定する工程、
上の対応点における輝度値（ F ）を決定する工程、
この対応画素の輝度値（ F ）を目標画像（ I_o ）内の初期画素に割当る工程、

目標画像（ I_o ）の各画素に対し上記各工程を反復する工程、

を具えてなることを特徴とする隣接する複数の画像より画像を形成する画像処理方法。

【請求項2】 請求項1記載の画像処理方法において、較正工程を有し、本較正工程は、
原画像の各パラメータ、とくに規模係数（スケール ファクタ： z_1, \dots, z_n ）と、方位角（ $\theta_1, \dots, \theta_n$ ）によって決定される光学軸の方向と、視野角（ ϕ_1, \dots, ϕ_n ）と、固定直交（オルソノーマル）陸標（ランドマーク： P_x, P_y, P_z ）内の回転角（ Ψ_1, \dots, Ψ_n ）とを記憶蓄積する工程と、

陸標の原点に対しほぼ共通であり、修正した収差を有する視点の原画像を形成する実カメラのモデルを構成する工程とを有してなり、

さらに本画像処理方法は、データの入力工程を有し、本工程は、

目標画像の各パラメータ、とくに規模係数（スケール ファクタ： z_o ）と、方位角（ θ_o ）によって決定される光学軸の方向と、視野角（ ϕ_o ）と、固定直交陸標 P_x, P_y, P_z 内の回転角（ $\Psi_o - \Psi_n$ ）とを記憶蓄積する工程と、

陸標の原点に対しほぼ共通であり、修正した収差を有する視点の目標画像を形成する仮想カメラのモデルを構成する工程とを有してなることを特徴とする画像処理方法。

【請求項3】 請求項2記載の方法において、各画素ごとに、目標画像（ I_o ）の各画素に対するアドレス（ A_o ）を形成して全目標画像（ I_o ）をカバーする工程、

仮想及び実カメラ モデルをベースとして目標画像（ I_o ）の各画素に対応する点の原画像内のアドレス（ A_q ）と特定の原画像（ I_j ）を決定する工程とを有する画像処理方法。

【請求項4】 請求項3記載の方法において、原画像（ I_j ）内に見出される対応点のアドレス（ A_q ）の決定工程は、

目標画像（ I_o ）内の初期画素（ m ）のアドレス（ A_o ）をベースとして、この与えられた画素（ m ）を通り、かつ共通の視点（ P ）を通過する光線の視点における、原点（オリジン）の固定直交陸標（ P_x, P_y, P_z ）内の方位を決定する工程、

前記光線（ P_x ）によって横切られる原画像（ I_j ）を選択する工程、

原画像と前記光線との交差点における前記原画像内のアドレス（ A_q ）を決定する工程であって、該交差点は初期画素に対応するものである工程、

とを具えてなることを特徴とする画像処理方法。

【請求項5】 請求項4記載の方法において、陸標（ランドマーク）内の光線の位置を決定する工程は、“逆方向見込み変換（インバース パースペクティブ トランスフォーム）”（ Ho^{-1} ）と称される幾何学的変換工程を含み、この変換は仮想カメラのモデルを考慮に入れている工程、

初期画素に対応する点のアドレス（ A_q ）決定工程は、“直接見込み変換”と称される幾何学的見込み変換（ $Hi - Hn$ ）を含み、これにより特定の選択した原画像において、関連の対応する実カメラ モデルを考慮に入れている工程、

を有してなることを特徴とする画像処理方法。

【請求項6】 請求項1ないし5の何れかに記載の方法において、原画像（ I_j ）内に見出されたアドレス（ A_q ）における輝度係数（ F ）のもっとも確度の高い値を計算する補間工程を含んでなる画像処理方法。

【請求項7】 画像処理装置において、実カメラの各個別の視野が合体して、単一の広角視野を有しパノラマ風景を観測しようように配置した n 個の固定実カメラ（ $C_1, \dots, C_i, C_j, \dots, C_n$ ）のシステムと、パノラマ風景を連続的に走査する可動仮想カメラ（ Co ）をシミュレートし、前記 n 個の実カメラより供給され隣接する原画像（ $I_1, \dots, I_i, I_j, \dots, I_n$ ）より構成され、広角視野の任意のセクションに対応する目標画像

（ I_o ）と称せられる副画像を形成する画像構成システム（100）であって、前記仮想カメラ（ Co ）は実カメラと同じか、近似した視点（ P ）を有しており、この画像処理システムはデジタル システムであり、目標画像（ I_o ）の構成システム（100）は、

アドレス計算機（200）を有し、これによって原画像（ $I_1 - I_n$ ）の1つ内のアドレス（ A_q ）で目標画像（ I_o ）内の画像アドレス（ A_o ）に対応させるアドレス計算機（200）と、

原画像（ $I_1 - I_n$ ）内に見出されたアドレス（ A_q ）の点の輝度を計算し輝度を決定し、この輝度値（ F ）を、目標画像（ I_o ）内のアドレス（ A_o ）の初期画素に割当る手段（112, 117）と、を有してなることを特徴とする画像処理装置。

【請求項8】 請求項7記載の装置において、

目標画像 (Io) の再構成システム (装置) (100) は、アドレス計算機 (200) に各カメラより独立の固定直交陸標 (Px, Py, Pz) 内の仮想カメラ (Co) の光学軸の方位とスケール係数 (zo)、すなわち方位角 (θ_o)、視野角 (ϕ_o) 及び回転角 Ψ_o を供給する仮想カメラに関するパラメータを記憶する第 1 手段 (210) と、アドレス計算機 (200) に、各実カメラ (C1, ---, Ci, Cj, ---, Cn) の光学軸の方向、及びスケール係数 ($z_1 - z_n$)、すなわち前記固定陸標内の方位角 ($\theta_1 - \theta_n$)、視野角 ($\phi_1 - \phi_n$) 及び回転角 ($\Psi_1 - \Psi_n$) を供給する実カメラ (C1-Cn) に関するパラメータを記憶する第 2 手段 (21.1-21.n) と、各画素毎に、目標画像 (Io) の画素のアドレス (Ao) を発生し、全目標画像 (Io) をカバーするようにしたアドレス発生器 (113) とを有し、アドレス計算機 (200) は特定の原画像 (Cj) を決定し、該原画像のアドレス (Aq) の点は、目標画像 (Io) の各画素に対応し、これらは仮想カメラと実カメラのパラメータをベースとして定まる如くした画像処理装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の装置において、アドレス計算機 (コンピュータ: 200) は、視点 P を通る投影を有する仮想カメラのモデル (MCo) を構成する第 1 手段 (201) と、視点 P を通る投影を有する実カメラのモデル (MC1-MCn) で、歪及び予知しうる誤りの修正を行ったモデルを構成する第 2 手段 (206) とを具えてなる画像処理装置。

【請求項 10】 請求項 9 記載の装置において、アドレス計算機 (200) は、仮想カメラ (Co) の画像 (Io) のアドレス (Ao) における各画素 (m) に、“逆方向見込み変換” (Ho^{-1}) と称される幾何学的変換を加える幾何学的変換を計算する第 1 手段 (220) を有し、この変換においては、第 1 構成手段 (201) により与えられる仮想カメラ (MCo) のモデル、並びに第 1 記憶手段 (240) により与えられる該仮想カメラの方位角 (θ_o)、視野角 (ϕ_o)、回転角 (ϕ_o) 及びスケール係数 (zo) を考慮に入れて、前記逆方向見込み変換 (Ho^{-1}) をベースとし、視点 (P) と前記画素 (m) を通過する光線の前記陸標 (ランドマーク) 内の位置を決定する第 1 手段 (220) と、前記逆方向見込み変換 (Ho^{-1}) によって得られる光線の位置を記憶する手段 (204) と、該光線によって横切られる特定の原画像 (I1-I_n) を選択する手段 (205) と、前記陸標内の前記光線に“逆方向見込み変換” (H1-H_n) と称される幾何学的変換を加える幾何学的変換を計算する第 2 手段 (22.1-22.n) で、この変換においては、第 2 構成手段 (206) によって与えられる実カメラのモデル、並びに第 2 記憶手段 (21.1-21.n) によって与えられる対応の実カメラ (C1-Cn) の方位角 ($\theta_1 - \theta_n$)、視野角 ($\phi_1 - \phi_n$)、回転角 ($\Psi_1 - \Psi_n$) 及

びスケール係数 ($z_1 - z_n$) を考慮に入れて行う第 2 手段 (22.1-22.n) と、前記直接見込み変換 (H1-H_n) をベースとして、前記光線に対応し、従って前記目標画像 (Io) 内のアドレス (Ao) の画素に対応する特定の原画像 (I1-I_n) 内のアドレス (Aq) を供給する記憶手段 (23.1-23.n) とを具えてなる画像処理装置。

【請求項 11】 請求項 10 記載の画像処理装置において、

輝度決定手段は、選択手段 (205) によって供給される原画像内の、アドレス計算機 (200) によって見出されたアドレス (Aq) における輝度係数の最確値を計算するインタポレータ (補間器) (112) と、アドレス発生器 (113) によって供給されるアドレス (Ao) において、目標画像 (Io) 内の初期画素に対し、発見された原画像のアドレス (Aq) に対応する輝度値を割当る第 3 記憶手段 (117) を具えてなる画像処理装置。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 の何れか 1 つに記載の装置において、目標画像 (Io) の再構成システム (100) は、

ユーザをして、仮想カメラ (Co) のパラメータ、すなわちスケール係数 (zo) 及び光学軸 (θ_o, ϕ_o, ϕ_o) の方位を含むパラメータを規定しうる如くしたインタフェイス (2) を含んでなる画像処理装置。

【請求項 13】 請求項 12 記載の装置において、ユーザ インタフェイス (2) は自動又は手動で制御しうる如くした画像処理装置。

【請求項 14】 請求項 1 ないし 13 の何れか 1 つに記載の装置において、目標画像 (Io) が、スクリーン (10) にリアルタイムで表示される画像処理装置。

【請求項 15】 請求項 1 ないし 14 の何れか 1 つに記載の装置において、目標画像を記録する画像処理装置。

【請求項 16】 請求項 7 ないし 15 の何れかに記載の画像処理装置を有するモニタ装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】

【0001】 本発明は、固定フレーム ラインを有する隣接画像で、原画像と称される各画像より目標画像を形成する方法に関するもので、前記原画像と目標画像とはほぼ共通の視点を有する場合の画像処理方法に関する。

【0002】 さらに本発明は、実カメラの各個別の視野が合体して、単一の広角視野を有しパノラマ風景を観測しうるように配置した n 個の固定実カメラのシステムと、パノラマ風景を連続的に走査する可動仮想カメラをシミュレートし、前記 n 個の実カメラより供給され隣接する原画像より構成され、広角視野の任意のセクションに対応する目標画像と称せられる副画像を形成する画像

構成システムであって、前記仮想カメラは実カメラと同じか、近似した視点を有しており、この画像処理システムはデジタル システムであり、目標画像の構成システムは、アドレス計算機を有し、これによって原画像の1つ内のアドレス目標画像内の画像アドレスに対応させるアドレス計算機と、原画像内に見出されたアドレスの点の輝度を計算し輝度を決定し、この輝度値を、目標画像内のアドレスの初期画素に割当る手段と、を有してなることを特徴としている画像処理装置に関する。

【0003】本発明は、遠隔監視またはテレビジョンの分野において、例えばスポーツの試合を記録するなど、大きな視野をカバーするため複数のショットが必要な場合に用いられる。本発明はまた、自動車の分野で、死角無しに周辺をパノラマ式に見るためのバックミラー手段を構成するためにも用いられる。

【0004】

【従来の技術】この種画像処理装置は出願W092-14341により既知である。本文献はテレビジョン用の画像処理システムについて記述している。この既知の装置は、互に隣接して配置された複数の固定カメラを有する送信ステーションを有し、これらカメラの視野が合体して広角視野を与えるものである。本装置は、広角視野に対応する全合成画像を形成する手段を有する処理ステーションを有しており、さらに本ステーションは、この合成画像より副画像を選択する手段を有している。又本システムは、かかる副画像を表示するためのモニタ手段を有している。この副画像は、合成画像の視角より小さい視角を有していて、広角視野のサブ セクションと称される。

【0005】前記画像処理装置は、走査ビームを用いて、ライン毎に画像を形成する従来既知のテレビジョンシステムにのみ適用が可能である。

【0006】（従来装置の欠点）この既知の処理ステーションにより、ユーザは広角視野の副セクションを選択することができる。これらの対応の副画像は、各個別のカメラによって供給される画像の寸法と同寸法である。ユーザは走査の開始点を、広角視野に対応する複合画像に対し変化させることによって副画像を選択する。前記広角視野は、ビデオ画面の走査方法に平行な軸を有する。従って副画像のビデオ走査の開始点は、この軸に平行に任意にかつ連続して移動させ得る。

【0007】副画像における視野角は、実カメラの視野角より小となる。しかし乍ら副画像の位置は、走査に対し直角方向に移動させるものを含まない。その位置は走査方向に平行な移動によるもののみである。副画像の形成は合成画像に対しズーム効果を生じるものを含まない。すなわち撮像管の焦点長に比し副画像の焦点を変化させるものを含まない。

【0008】従って画像処理ステーションは、選択された副画像を1ライン毎に構成する手段を含んでいる。こ

れらの手段は、それぞれ異なるカメラよりのビデオ信号の同期制御回路を必然的に含んでいる。

【0009】（発明の目的）本発明の目的は、視野が互いに合体するn個の固定カメラによってカバーされる広角視野の移動カメラ走査をシミュレートしうるような装置と方法を得るにある。

【0010】本発明の特殊な目的は、実際に存在する可動カメラのすべての機能を具え持ったカメラのシミュレート装置を得るにある。すなわち静止位置にある観視者に、観察またはモニタしているパノラマ状の画面の右又は左へ向かつての水平角移動と、同じ画面の上又は下へ向かつての垂直角移動、並びに同じ画面の表面の一部の回転及びズームを可能にしようとするものである。

【0011】（目的達成のための手段）本発明によれば、この目的は、次の如き本発明方法の実施により達成される。すなわち原画像と称される固定フレーム ラインを有する隣接した画像より目標画像（ターゲット イメージ）を構成する画像処理方法で、前記原画像と、目標画像とがほぼ共通の視点（ビュー ポイント）を有している画像の処理方法において、画像をデジタル化する工程、目標画像の画素の一つに対して、全原画像の1つ内の対応点のアドレスを決定する工程、上の対応点における輝度値を決定する工程、この対応画素の輝度値を目標画像内の初期画素に割当る工程、目標画像の各画素に対し上記各工程を反復する工程、を具えてなることを特徴とする隣接する複数の画像より画像を形成する画像処理方法。

【0012】本発明はかかる方法の実施のため、次の如き装置をも提案する。すなわち、実カメラの各個別の視野が合体して、単一の広角視野を有しパノラマ風景を観測しうるように配置したn個の固定実カメラのシステムと、パノラマ風景を連続的に走査する可動仮想カメラをシミュレートし、前記n個の実カメラより供給され隣接する原画像より構成され、広角視野の任意のセクションに対応する目標画像と称せられる副画像を形成する画像構成システムであって、前記仮想カメラは実カメラと同じか、近似した視点を有しており、この画像処理システムはデジタル システムであり、目標画像の構成システムは、アドレス計算機を有し、これによって原画像の1つ内のアドレス目標画像内の画像アドレスに対応させるアドレス計算機と、原画像内に見出されたアドレスの点の輝度を計算し輝度を決定し、この輝度値を、目標画像内のアドレスの初期画素に割当る手段と、を有してなることを特徴とする画像処理装置。

【0013】本発明装置によれば、連続的に移動させている仮想カメラによって供給されるような目標画像を構成することが可能となる。この目標画像は、観察すべき光景に対しそれぞれ固定的に配置された一群のカメラのうちの1つづつによって形成される複数の隣接する原画像により形成されるものであり、かかる構成により本装

置は、スクリーン上または記録によって次のサービスを提供しうる。観察風景（シーン）の各部分を、場合によりズーム効果を与えて、各画像を順次連続的に読出すこと。あるいは、観察シーンを視野をしばり、あるいは仰角を制御するか、または回転を加え連続的に走査して読出すこと。

【0014】本発明の実施例では、該装置は、目標画像の再構成システム（装置）は、アドレス計算機に各カメラより独立の固定直交陸標内の仮想カメラの光学軸の方位とスケール係数、すなわち方位角、視野角及び回転角 ϕ_0 を供給する仮想カメラに関するパラメータを記憶する第1手段と、アドレス計算機に、各実カメラの光学軸の方向、及びスケール係数、すなわち前記固定陸標内の方位角、視野角及び回転角を供給する実カメラに関するパラメータを記憶する第2手段と、各画素毎に、目標画像の画素のアドレスを発生し、全目標画像をカバーするようにしたアドレス発生器とを有し、アドレス計算機は特定の原画像を決定し、該原画像のアドレスの点は、目標画像の各画素に対応し、これらは仮想カメラと実カメラのパラメータをベースとして定まる如くした画像処理装置。

【0015】他の技術的問題が、目標画像の構成に関して生じている。複数個のカメラを互に隣接させて配置し、構成すべきパノラマ シーン各ゾーンは、各カメラによってカバーされるフィールドを超えないものとする。これにより目標画像を構成するすべてのデータが揃ったものと見なす。しかし各カメラ間の境界において、1つのカメラよりの画像が他のカメラの画像に変わる個所において、2つのカメラの視角差があり、2つの隣接カメラにより記録される2つの隣接ゾーンでは画像に大なる歪を生ずる。この結果、2つの異なるカメラにより記録される2つのゾーンの両側によって生ずる境界は表示が困難でかつ精密さを欠いている。

【0016】本発明の他の目的は、2個のカメラの境界における画像歪みを修正して、境界の両側における部分画像の表示中も、照準角と方位角の変化による全景の連続表示中も、この境界が利用者には全く見えないような形でパノラマ式画像を提供することにある。

【0017】上の目的は、次の如く技術を有する本発明装置により達成される。アドレス計算機（コンピュータ）は、視点Pを通る投影を有する仮想カメラのモデルを構成する第1手段と、視点Pを通る投影を有する実カメラのモデルで、歪及び予知しうる誤りの修正を行ったモデルを構成する第2手段とを具えてなる画像処理装置。

【0018】本発明の実施例では、アドレス計算機が、仮想カメラの画像のアドレスにおける各画素に、“逆方向見込み変換”と称される幾何学的変換を加える幾何学的変換を計算する第1手段を有し、この変換においては、第1構成手段により与えられる仮想カメラのモデ

ル、並びに第1記憶手段により与えられる該仮想カメラの方位角、視野角、回転角及びスケール係数を考慮に入れて、前記逆方向見込み変換をベースとし、視点と前記画素を通過する光線の前記陸標（ランドマーク）内の位置を決定する第1手段と、前記逆方向見込み変換によって得られる光線の位置を記憶する手段と、該光線によって横切られる特定の原画像を選択する手段と、前記陸標内の前記光線に“逆方向見込み変換”と称される幾何学的変換を加える幾何学的変換を計算する第2手段で、この変換においては、第2構成手段によって与えられる実カメラのモデル、並びに第2記憶手段によって与えられる対応の実カメラの方位角、視野角、回転角及びスケール係数を考慮に入れて行う第2手段と、前記直接見込み変換をベースとして、前記光線に対応し、従って前記目標画像内のアドレスの画素に対応する特定の原画像内のアドレスを供給する記憶手段とを具えてなることを特徴とする画像処理装置である。

【0019】

【作用】本装置を用いると、パノラマ式情景が表示されるので、画面をモニタしている利用者にとっては、ズームと機械的手段とで、照準、方位、およびカメラの光軸の回りの回転角を変化できる移動カメラを所有するのと、全く同一の利用上の便利さとサービスが得られる。その利点は機械的手段が不要なことである。機械的手段は、方位角と視角を変化させるモータ及びズーム用モータを含む。これらの在来の機械的手段は幾つかの欠点がある。すなわち第一に故障で動かないことがあり、次には動きが極めて遅いことである。さらにこれらは極めて高価となる。しかもこれらの機械的手段は装置の外部に装着されるので気候による劣化が生ずる。本発明に基づく電子画像処理手段では、動作が非常に精密、高信頼で、非常に迅速かつ制御が容易なため、これらすべての欠点が回避される。しかもこれらは装置に内蔵されるので気候による劣化を受けにくい。その上、電子手段は機能の自動化のためのプログラム化が容易である。最後に本発明の電子手段はコストがより低廉である。

【0020】本発明によるとユーザは歪がなく、極めて精度の高い画像が得られ、従来の機械的手段に比しより容易に観視操作ができる。更に、より大きな視野のパノラマ画像を得ることが可能である、というのは使用カメラの数によっては180度もしくは360度の視野さえも実現できるからである。関連作業も容易にプログラム化可能である。

【0021】監視については大きな進歩が達成できる。自動車用のパノラマ式バックミラー<Panoramic rear-view>手段を実現するにも、この進歩は非常に重要である。

【0022】目標画像を構成するために、数個のカメラを要することは欠点ではない。というのは、照準と方位を変更するのに、昨今のCCDカメラ（電荷結合素子）の

アッセンブリは、機械装置に比し、視野、方位角及び回転の変化ならびに単一の実可動カメラのズーム等の扱いがより容易だからである。

【0023】本発明の実施例では、輝度決定手段は、選択手段によって供給される原画像内の、アドレス計算機によって見出されたアドレスにおける輝度係数の最確値を計算するインタポレータ（補間器）と、アドレス発生器によって供給されるアドレスにおいて、目標画像内の初期画素に対し、発見された原画像のアドレスに対応する輝度値を割当る第3記憶手段を具えてなる画像処理装置である。

【0024】1／撮像システム

図1Gは、180度の角度に亘る一つの情景に関するデータを記録するための、固定実カメラ数個の一つの可能な並べ方を示す。このパノラマ式情景は三個のカメラC1、C2、C3で記録される。これらのカメラの有する視野により、パノラマ式情景の詳細は必ずどれか一個のカメラで記録され、監視から外れる対象は全く存在しない。これらのカメラの視点は、共通のPか、それとも互いに極めて近接しているかである。

【0025】三本の軸PZ1、PZ2、PZ3はそれぞれ、カメラC1、C2、C3の光軸を示し、三個の点O1、O2、O3は、それぞれ光軸上における画像平面（image plane）上の画像I1、I2、I3の幾何学中心を示す。

【0026】角度360度に亘る水平監視は、六個のカメラを適当に配置すれば実行できる。しかし、垂直監視も、（水平・垂直）両方向の監視もできる可能性がある。当業者であれば、如何なる型のパノラマ画像の構成も実現できる筈なので、カメラの各種の相互配置をこれ以上詳しく述べることは不要と考える。

【0027】図1Aにおいて、撮像装置はn個の複数実カメラを含み、これらは既知の固定焦点距離を有し互いに隣接して配置されるため、それらの個々の視野を合わせると広角視野が得られる。これらn個の固定カメラはn個の隣接する画像を生成し、この撮像装置でパノラマ式情景が監視できる。これらカメラの有する光学視野により、上記パノラマ式情景のあらゆる詳細がどれか一つのカメラには記録され、監視対象が脱落することは無い。

【0028】この結果を得るため、これらn個の隣接固定カメラの配置も、視点と称するそれら光学中心Pが一致するような方法でなされる。カメラの視点とは、光源から発射されこの点を通る各光線が、逸脱することなくそのカメラの光学系を横切るような点と定義される。

【0029】n個のカメラの視点は物理的に一致する必要はない。しかし、以下の記述では、これら各視点の距離が撮影するパノラマ式情景に比して小さく、例えば相互の距離が5～10cmでパノラマ式情景への距離が5mであるような場合には、一致の条件は十分に満たされると仮定する。このようにもしこれらの距離の比が50またはそれ以上であるなら一致の条件は満たされているも

のと考え得るので、本発明によれば、調整の困難でかつ高価な光学ミラーを用いて視点の厳密な一致を達成する必要はない。

【0030】II／複数カメラによる画像の形成

本発明の一つの目的は、一個の移動カメラ（mobile camera）を模擬したデジタル画像を再構成するシステムを提供することである。ここで移動カメラとは、利用者の選んだ設定によりn個の固定カメラの記録したパノラマ式情景の如何なる部分またはサブ画像をも作成できる能力を有するカメラである。

【0031】n個のカメラにはC1、---、Ci、Cj、---、Cnの番号を付しそれぞれはデジタル原画像I1、---、Ii、Ij、---、Inを生成するものとする。以下の記述では例えば、原画像IiとIjは二個の隣接固定実カメラCiとCjが生成するものとする。

【0032】これら固定実カメラCiとCjは、パノラマ式情景のうち隣接する原画像平面IiとIjをそれぞれ形成する。図1Aにおいて、原画像IiとIjの幾何学中心OiとOjを通過する軸PziとPzjは、それぞれ固定実カメラCiとCjの光軸を示す。

【0033】図1Bにおいて、直交軸から成る陸標Px、Py、Pzにおいては、軸PxとPzは水平で、軸Pyは垂直と定義する。

【0034】画像Ii、Ijなどの原画像には番号が付与され、これら画像の各画素mは画像平面内の座標により標識（mark）が付けられる。図1Cに示すように、矩形座標（OiXi、OiYi）および（OjXj、OjYj）の標識は、軸OiXiまたはOjXjが水平であるような各画像平面、すなわち陸標Px、Pzの平面において定義される。（OiXi、OiYi）及び（OjXj、OjYj）で定義される画像平面は、それぞれ光軸PziとPzjに垂直であり、幾何学中心OiとOjを有する。

【0035】これらカメラの各画像平面に関する個々の標識が設定され終わると、これら固定原画像平面は以下の各手段により陸標に関係が付けられる：

- それらの方位角（またはパン角） Θ_i 、 Θ_j
- それらの照準角（または傾斜角） Φ_i 、 Φ_j 。

【0036】方位角 Θ_i または Θ_j は光軸PziまたはPzjを含む垂直面と陸標の水平軸Pzの成す角である。従って、これは垂直軸Pyの周りの水平回転角である。

【0037】照準角 Φ_i または Φ_j は光軸Pzi、Pzjと水平面（Px、Py）の成す角である。従って、これは水平軸、各画像平面の軸OiXiまたはOjXjの周りの垂直回転各である。

【0038】簡単のため、図1Aに例示したように、今後は、固定カメラCi、Cjの生成する原画像平面Ii、Ijは垂直である、すなわちそれらの照準角 Φ_i 、 Φ_j はゼロであると仮定する。

【0039】同様な理由から、簡単のため、今後説明する原画像と目標画像の双方について、図1Aが平面と軸及び対応する平面と軸の投影を示すものとする。

【0040】形成された画像を図式的に示す図1Aは、従って、水平面 P_x 、 P_z におけるセグメントにより代表される固定原画像平面の投影 I_i と I_j のみを示している。

【0041】図1Eは、例えば二個の隣接カメラ C_i 、 C_j によって生成されたパノラマ式画像の隣接画像 I_i 、 I_j を示している。本図においては、簡単のため、画像 I_i と I_j は同一平面に投影されているが、実際にはこれら画像は、相互に固定カメラの光軸の成す角に等しい角を形成している。これらの画像において、利用者は、線 J_o で区切られる如何なるサブ画像をも、多少左右寄りあるいは多少上下寄りで、固定カメラと同一倍率でまたは倍率を拡大あるいは縮小して選択観測できる。

【0042】模擬した移動カメラは、図1Eの J_o で区切った原画像の部分 S_i 、 S_j から、目標画像 I_o を構成する能力がある。以後 C_o で示すこのカメラは、仮想カメラと呼ぶが、それは実際に存在しないカメラを模擬するからである。明らかにこの移動カメラは二個の画像 I_i 、 I_j を走査するだけではない。11から1nまでのすべての原画像の走査が可能である。

【0043】この仮想カメラ C_o は固定カメラと同様の仕方

- その方位角 θ_o
- その照準角 ϕ_o
- その回転角 ψ_o
- 及びその焦点距離 P_{0o} により決まり z_o で表示される倍率（ズーム効果）

により定義でき、その視点 P は固定実カメラの各視点と共通であり、一方、 O_o は目標画像 I_o の幾何学中心である。この仮想カメラの視点は実カメラに対して以前定義した視点と近似的に共通である。

【0044】図1Aは、仮想カメラの画像平面に関する水平面における投影であって I_o で示され、その光軸 PZ_o は目標画像 I_o の幾何学中心 O_o を通過している。

【0045】この移動仮想カメラ C_o の定義において、方位角 θ_o は、その光軸 PZ_o を含む垂直平面が陸標の水平軸 P_z と成す角度である； 照準角 ϕ_o はその光軸 PZ_o が陸標の水平面 P_x 、 P_z と成す角度である； その角 ψ_o は仮想カメラの、その光軸（固定）の周りの回転角であり； 最後にその焦点距離 P_{0o} は可変で、この目標画像の倍率が原画像の倍率に関して変化し得る（ズーム効果）ようになっている。

【0046】上記方位角 θ_o 、照準角 ϕ_o 、回転角 ψ_o 、及び焦点距離 P_{0o} を変化することにより、この仮想カメラは、異なる固定カメラ C_1 ないし C_n の視野を合成して形成した、広角の視野を走査する一個の移動カメラと全く同様の機能を有することになる。

【0047】注意しておきたいことは、仮想カメラ C_o は、広角視野のうち J_o で区切った小部分（またはサブセクション）を見ることができ、そしてこの場合、その可変焦点距離 P_{0o} を変化することにより、拡大した画像 I

o、例えば、各カメラ C_1 、---、 C_n が生成する画像 I_1 、---、 I_n のそれぞれと同一の最終寸法を有する拡大画像を実現することができるのである。

【0048】同様に注意したいのは、この移動カメラの視野の変位は連続的かつ任意に行なえることである； J_o に対応するこの視野は、二個の隣接カメラ C_i と C_j の生成する隣接画像 I_i と I_j の二つの部分(S_i 、 S_j)の上か両側にあってもよい。

【0049】この場合、仮想カメラ C_o により構成される画像 I_o は二つの画像部分を含み、その一部 I_{oi} はデジタル画像 I_i の情報 S_i に基づいて構成され、他の部分 I_{oj} はデジタル画像 I_j の情報 S_j に基づいて構成される。図1Aにおいて、 I_{oi} と I_{oj} は、水平面における目標画像 I_{oi} と I_{oj} の投影を表す。

【0050】同様に実画像に関しては、直角座標(O_o 、 X_o 、 O_o 、 Y_o)の標識を、ここで図1Dを参照してデジタル目標画像平面 I_o の中で定義する。この標識の中では、軸 $O_o X_o$ は水平であり、すなわち陸標 P_x 、 P_z の水平面内にある。画素 O_o は目標画像 I_o の幾何学中心であり、また仮想カメラ C_o 光軸 PZ_o 上にも存在する。目標画像平面の各画素 m' はこうしてこの直角座標軸(O_o 、 X_o 、 O_o 、 Y_o)系におけるその座標によりマークされる。

【0051】目標画像の枠組み（framework）も、その寸法は、水平方向では画素数により、垂直方向では線数により定義される。

【0052】III/目標画像を原画像から構成する方法
本発明に基づくデジタル画像処理手段は、固定実カメラにより生成される「原画像」から仮想カメラにより生成される「目標画像」を構成するためのものである。

【0053】既に記述したように、目標画像の構成においては技術問題が発生する可能性がある、というのは、隣接実カメラにより生成され、図7Aと7Bにおけるデジタル情景画像の形で示される画像 I_i と I_j は、正しく接合（blend）されないための歪みを示している：特に直線のある部分は曲がり、垂直線が垂直でないなどである。その結果、これらを接合すると、これらの線はつながる代わりに切れてしまう。その上、継目の両側の原画像の部分は、別々の透視画法によって眺めたパノラマ情景として出現する。その結果として、目標画像 I_{oi} と I_{oj} はうまく接続できず、これは図7Cに例示した通り、デジタル画像7Aと7Bの単純な併置に終わってしまう。

【0054】本発明は、これらの欠点を除去して、歪みも透視画法の欠点もないデジタル画像を再構成でき、その構成部分 I_{oi} と I_{oj} が、両者の境界の直線が観測者や利用者に見えないように接続され得るような方法と手段を提案するものである。

【0055】図7Dは、図7Cに関するデジタル情景画像を示すもので、ここでは図7Cの歪みと透視画法の欠点が本発明に基づく手段により修整されている。

【0056】原画像を構成する方法は、以下に説明する

信号処理装置により実行される各種の段階を含む。

【0057】この方法に含まれる第一の段階は：

—原画像におけるアドレスAqのm点を、目標画像IoにおいてアドレスAoを有する画素m' と対応付けることである。そのアドレス(Ao)は以下により定義される；

—この原画像を生成する実カメラの参照または索引番号；

—この原画像における点mのアドレスAq。

【0058】この方法に含まれる第二の段階は：

—原画像における上記の点において最も確からしい輝度の値を見積もること；

—次いでこの輝度の値を目標画像における画素m' に割り当てることである。

【0059】これらの段階は目標画像Ioの画素m' のすべてについて行なわれる。

【0060】この処理手段の構成する目標画像においては、下記のように、在来の移動カメラを使用する観測者の得る画像の全品質を実現することが可能である：

—歪みが無く、透視画の調整が不要、

—二個またはそれ以上の隣接画像の間の境界における切れ目の直線 (straight interrupting lines) が出現しない。従って、問題はこれらの直線を如何にして見えなくするかである。

【0061】IV/画像処理装置の必須の要素

図2には、本発明に基づく画像処理装置の各種の要素を機能ブロックの形で示す。

【0062】ブロックC1, Ci, Cj, ---, Cnはn個の固定実カメラを示し、それらが出力として作成するn個の原画像をI1, ---, Ii, Ij, ---, Inの記号で表す。

【0063】各実カメラの有する撮像パラメータ (pick-up parameters) は、情景に対するそのカメラの向き (orientation) と規模係数 (scale factor) に対応する。これらのパラメータは正確に知る必要がある。

【0064】ブロック1は、一個の制御システムであり、これにより利用者は、仮想カメラCoの向きと規模係数に関するパラメータを選択し表示できる。

【0065】ブロック100は画像再構成システム (image reconstruction system) であり、この働きにより、実カメラC1, C2, ---, Cn が作った原画像I1, I2, ---, In に基づいて、制御システム1で利用者の定義したパラメータにより向きを決め調整された仮想カメラCoの与える、「目標画像」と呼ばれる画像Ioの計算が可能になる。仮想カメラCoは、その視点が実カメラの視点Pと共通であるか、または近接する視点を持つように設定される。

【0066】ブロック10は表示手段または記録手段に対応し、特に実時間表示にはデジタル型のモニターテレビ、ビデオ・テープ録画にはビデオ・レコーダが用いられ、あるいは両者が併用される。

【0067】実カメラはアナログデータを生成することに注意すべきである。この場合、A/D変換モジュール

(図示せず) を用いてデジタル原画像を形成する。

【0068】その利点から、当業者は多分CCD (電荷結合素子) カメラを選択する筈である。この型のカメラは扱いが容易で軽量、堅牢かつ信頼性が高い。また解像度が極めて高く、技術進歩とともに今後一層改良されると思われる。

【0069】V/画像処理装置の構成要素の詳細

図3には、処理動作を実現するため必須の手段に対応する機能ブロックを図式的に示した。

【0070】これらの手段は主として以下を含む：

—利用者インタフェース2、

—原画像選択器 205を含むアドレス計算器200；

—内挿器 112、

—アドレス生成器 113、これは画素ごとに、目標画像Ioの各画素のアドレスAoを構成することにより、目標画像Io全体をカバーする、

—仮想カメラCoのパラメータ $\Phi_o, \Theta_o, \Psi_o, Z_o$ (規模係数) を蓄積する第一の手段 210、

—パラメータ $\Phi_1 \sim \Phi_n, \Theta_1 \sim \Theta_n, \Psi_1 \sim \Psi_n, Z_1 \sim Z_n$ (実カメラC1~Cnの規模係数) をそれぞれ蓄積する第二の手段21.1~21.n、

—第三の蓄積手段 117。

【0071】構成すべき目標画像の各画素m' に対応する一個のアドレスAoが、目標画像Ioのアドレスを生成するためのブロック 113に蓄積される。アドレス計算器 200は、利用者の選んだ設定機能 (厳密に言えば利用者インタフェース2によって制御ブロック1に入り、ブロック 210において仮想カメラのパラメータ $\Phi_o, \Theta_o, \Psi_o, Z_o$ として蓄積される機能)、及び、ブロック21.1, 21.j, 21.nに蓄積された実カメラのパラメータ $\Phi_j, \Theta_j, \Psi_j, Z_j$ (ここでjはカメラ1~nの索引の代表) の機能とを勘案して、目標画像Ioの画素m' のアドレスAoに対応するデータを有する画像Ijを供給できる実カメラCjの索引jを (すべての索引1~nの中から) 見出だす。

【0072】続いて、画像選択器 205がn個の実カメラの中の実カメラCj、及びこれに対応して処理すべきデータの存在する原画像Ijを選択する。

【0073】同一の要素に基づき、アドレス計算器 200は、この選択された原画像Ijの中の対応する点mのアドレスAqを計算するが、この計算はインタフェース2で利用者の行なう各種の透視変換を媒介として行なわれる。

【0074】こうして目標画像Ioの与えられたアドレスAoにおける画素m' と、原画像Ijについて計算したアドレスAqにおける点mとの間の対応が確立する。

【0075】続いて、原画像Ijの中のアドレスAqの点mの輝度の値が、目標画像Ioの中のアドレスAoにおける対応画素m' に割り当てるため、計算される。これが目標画像Ioのすべての画素について繰り返される。

【0076】目標画像Ioにおけるアドレスは実際にm'

であるが、原画像IjにおけるアドレスAqは正に計算したアドレスであるため、一般にこの見付けたアドレスは、画素ではなく、画素間の一個の点と一致する。従ってこの点mの輝度も是非計算する必要がある。

【0077】図4では、計算されたアドレスAqが、原画像Ijのどの画素とも一致しない場合に起こる問題を説明している。

【0078】この問題を処理するのが内挿器 112である。

【0079】内挿器 112は、問題のアドレスAqに与えるべき光の強度 (light intensity) を計算するのに、例えば、アドレスAq近傍の画素の灰色レベルか、または輝度 (luminance) の関数としての何らかの値を勘案する。内挿によって、ブロック 112はアドレスAqに与えるのが最も適当と思われる光の強度を計算する。

$$F(A_j) = F_1(1 - \Delta x)(1 - \Delta y) + F_2 \Delta x(1 - \Delta y) + F_3(1 - \Delta x) \Delta y + F_4 \Delta x \cdot \Delta y$$

【0083】アドレスAqに対応する値として、内挿器で原画像について計算された強度F(Aq) は、その後は目標画像Ioの出発アドレス (initial address) Apに位置する画素m' の有する強度 (または輝度関数の値として扱われ、ブロック 117に蓄積される。

【0084】VI/アドレス計算器 200の説明

以下、図6を参照してアドレス計算器 200を説明する。

【0085】アドレス計算器は、先ず前記で定義した仮想及び実カメラの各パラメータを取り込む。

【0086】仮想カメラのパラメータ Φ_o 、 Θ_o 、 Ψ_o 、 Z_o は蓄積モジュール 210の中に得られる； 実カメラの $\Phi_1 \sim \Phi_n$ 、 $\Theta_1 \sim \Theta_n$ 、 $\Psi_1 \sim \Psi_n$ 、 $Z_1 \sim Z_n$ は、それぞれ蓄積モジュール21.1~21.nの中に得られる。

【0087】画像の寸法の定義は、幅×高さ (画素数) と決めてある。規模係数 Z_o または Z_i はmm当りの画素数で表現される。角度は例えば度で表わされる。

【0088】仮想カメラに関するこれらのパラメータ Φ_o 、 Θ_o 、 Ψ_o 、 Z_o は、仮想カメラの光軸の方向または位置、その視点Pと画像中心 O_o の位置、及び規模係数に基づいて計算される。これらの値はユーザが選択してインタフェイス2から入力したものである。

【0089】実カメラのパラメータである、 $\Phi_1 \sim \Phi_n$ 、 $\Theta_1 \sim \Theta_n$ 、 $\Psi_1 \sim \Psi_n$ 、焦点距離 $P_{01} \sim P_{0n}$ 、規模係数 $Z_1 \sim Z_n$ 、及びデジタル画像の中心 $O_1 \sim O_n$ は、各カメラの点Pと中心 $O_1 \sim O_n$ の位置、その規模係数、及びその光軸の方向または位置 (positioning) を非常に正確に較正 (calibrate) し測定した結果に基づき、非常に精細に決定される。

【0090】アドレス計算器 200は、仮想カメラCoの模型、及び実カメラC1, C2, ---, Cn の模型を構成するための手段 201及び 206を含む。

【0091】図5Aは、仮想カメラCo及び実カメラC1, C2, ---, Cn の模型を形成する原理を説明している。図5A

【0080】内挿のためには数種類の関数を利用し得るが、複雑さに大小があり、その複雑さに応じて調整結果の精度が変わる。

【0081】極めて簡単な内挿関数は図4に示す双線形 (bilinear) 内挿である。アドレスAqは整数部 と分数部を含む。このため、アドレスAqは四個の隣接画素 m_1 , m_2 , m_3 , m_4 の間に位置する。このアドレスの分数部は、 m_1 から m_2 の向きを正として計算した Δx 、及び m_1 から m_3 の向きを正として計算した Δy で示す。 m_1 と m_3 の距離及び m_1 と m_2 の距離は画素である。

【0082】アドレスAqにおける光の強度Fまたは輝度関数の値は、 Δx と Δy の値に基づいて計算され、隣接画素 m_1 , m_2 , m_3 , m_4 の強度 (または輝度関数の値) をそれぞれ F_1 , F_2 , F_3 , F_4 とすれば、次の式で与えられる：

【数1】

に示された投影模型 (projection model) は一点を通る円錐投影で、すべての光線が単一の視点Pを経由としている (pin-hole model 針孔模型)。視点Pは、上述の条件の下ですべての実カメラまたは仮想カメラについて共通であると仮定される。

【0092】仮想カメラの陸標 P_x , P_y , P_z 、及び個々の標識 (individual mark) は構成モジュール 201で定義される；実カメラC1~Cnの陸標 P_x , P_z 及び個々の標識は構成モジュール 206で定義される。

【0093】図5Aを参照して、Mを監視すべき情景における対象点と仮定する。Mに対応する仮想カメラCoの画像平面上の点 m' は、直線PMとカメラCoの画像平面Io(O_{oxo}, O_{oyo}) の交点に位置する。

【0094】注意すべきこととして、図5Aの模型が正しく有効なのは、歪みのない理想カメラとしての仮想カメラに対してである。実際のカメラは例えば、広角開口を有している場合があるので、歪みを生じ、これは修整の必要がある。

【0095】図5Bにはこの問題を説明してある。この図5Bは、図1Aに示したのと同様の目標画像Ioと原画像Ijの平面の投影を示している。

【0096】原画像I1~Inに基づいて目標画像Ioを構成するため解決すべき問題は、アドレスAoの画素 m' に厳密に対応する点mを、どのアドレスAqで発見できるかを決定することである。実際には、原画像のこの点mに存在する強度 (輝度) を、仮想画像における画素 m' に割り当てるため決定する試みが行なわれる。

【0097】この決定は、実カメラの歪みと透視の欠陥 (perspective fault) の影響があるため、簡単ではない。

【0098】図5Aにおけると同様に、図5Bは、アドレスAoの画素 m' は光線PMと目標画像Ioの交点に存在することを示している。ここでPMは観測すべき情景の点Mと視点Pを結ぶ光線である、というのは、この理想カメラに

おいては、各光線は画像平面を横切って、逸脱することなく視点を通過するからである。

【0099】この光線PMは原画像Ijの平面を点m'で交差する。カメラCjは従って、目標画像のこの部分を構成するため必要なデータを提供できるように選ばれた実カメラである。

【0100】しかし、その一方で、同一の光線PMと原画像の平面Ijの交点であるm'が、この点m'に割り当てべき強度値Fを供給できるIjにおけるm'点であるというのは正しくない。

【0101】ここで是非考慮すべき事項は、カメラCjは、あらゆるカメラがそうであるように、一つの光学対象(optical objective)を有し、これがCCDマトリクス基板の上に実際の画像を形成する。この実画像が次いで、A/D変換モジュールにより変換されてデジタル原画像を生成し、これが更に本発明に基づくデジタル画像処理装置によって処理される。一つの対物レンズ系を使用せざるを得ないという事実から、図5Bに図式的に示したように、光線MPは、破線で示した歪み領域(distortion field)により逸脱することを考えざるを得ず、その結果、m'に対応する点はMP上の点m'ではなく、原画像Ijの平面におけるm*から少し離れた点mになる。

【0102】陸標と個々の標識に関連するデータにより、構成モジュール201は、図5Aに示した円錐投影模型上に、仮想カメラの模型MCoを構築する。ここでは、三次元空間における各光線PMは目標画像Ioの平面により構成される二次元空間における画素m'に対応付けられる、というのは仮想カメラCoは理想カメラと考えたからである。

【0103】他方、陸標と個々の標識に関連するデータにより、構成モジュール206は、図5Aに示した円錐投影模型上に、各実カメラに関連する模型MC1~MCnを構築する。ここでは、三次元空間における各光線PMは、各カメラの原画像平面により構成される二次元空間における点m*に対応する。これらのカメラは理想カメラではなく、対照的に歪みを生じるので、模型MC1~MCnの構成モジュール206は、歪み修整手段を含み、この手段を用いて、歪んだ原画像に対応する点m*は体系的に同一の二次元空間における点mに置換される。この点が修整原画像に対応する。対象物の歪みを修整するすべての手段は、当業者にとって既知と思われる。

【0104】アドレス計算器200は、歪んだ原画像Ijのこの点mのアドレスAqを決定するための計算手段をも含んでいる。

【0105】これらの手段は、機能ブロックの形で図6に示され、アドレスAqの計算方法を具体化しているが、これについては以下に述べるが、明確化のため図5Bに説明してある。

【0106】VI.a/アドレスの計算方法

一つの出発アドレスAoに対応するアドレスAqを計算する

方法には数段階あり、その中には少なくとも、数個の素変換の積で示される複雑な幾何学変換(geometrical transform)が含まれる。この幾何学変換の原理は、前述のモジュール206の効用により、実カメラの原画像の中の各画素mが、このカメラの模型で定義した視点Pを通過する三次元空間の光線PMに対応できるようになった、という事実に基づいている。画像における一つの画素mの位置は、このカメラの模型の定義に関連するカメラパラメータに支配され、一方、この画像に対応する光線PMに関する三次元空間の位置は、固定陸標で表現できる。

【0107】Aoに基づいてアドレスAqを計算する方法には、以下の段階を含む：

一第一の変換として、「逆透視変換(inverse perspective transform)と呼ばれ、 H_o^{-1} で示される変換を行なう。この変換により目標画像Ioにおける出発アドレスAoに対応する光線PMの方向が分かる。

一次に観測視野にこの光線を含む実カメラCjの索引jを探す。もし数個のカメラが関連する場合には、その中で観測視野を重複させ得るのに適したカメラを一個選択する。

一第二の変換として、「直接透視変換(direct perspective transform)と呼ばれ、 H_i で示される変換を行なう。これにより、選択した実カメラCjの画像Ijの中で上記光線PMに対応するアドレスAqが得られる。

【0108】このように、これら二種類の変換、すなわち逆変換 H^{-1} と直接変換Hの根拠となるのは、視点Pを有する針孔模型として定義した各カメラの模型である。

【0109】この複雑な幾何学変換Hを実現するには、まず「透視図法(perspective projection)」Jと称する演算を考えるが、この演算により、陸標(Px, Py, Pz)で示される情景の点Mは、実カメラCjの焦平面に位置する点mへと変換が可能になる。こうして点mはこの実カメラに関連する正規直交系(0jxj, 0jyj, 0jzj)の中に位置付けされる。

【0110】この「透視図法」演算Jにより、ある三次元系における一点の標識(marking)は数学的方法により一つの二次元系における標識に変化する。この演算は斉次座標(homogeneous coordinates)を用いることにより線形化でき、それによってこの変換を 4×4 のマトリクスで表現することも可能である。

【0111】「透視変換」と呼ばれる幾何学変換Hは、斉次座標を有する下記数個のマトリクスの積である：Tは翻訳(translation)を示すマトリクス、Sは規模の変化を示すマトリクス、Jは前述の「透視図法」マトリクス、Lは原点の変化、Rは、その場合に応じて、角 Φ_j 、 Θ_j 、 Ψ_j 、または角 Φ_o 、 Θ_o 、 Ψ_o の何れかに対応した回転である。

【0112】従って直接幾何学変換は次の式で表現される：

$$H = T * S * J * L * R$$

10

20

30

40

50

逆幾何学変換は次の式で表現される：

$$H^{-1} = T^{-1} * S^{-1} * J^{-1} * L^{-1} * R^{-1}.$$

【0113】この変換は、例えば最小二乗法を用いることにより、近似的に多項式関数の集まりで表現できる。

【0114】こうして得られる近似変換は、更にTRW 社が品名TMC2302 で市販している製品により実現してもよい。同社の所在地はPO Box 2472, La Jolla, CA92038(US)である。

【0115】VI.b/アドレス計算器 200の詳細な具体化に関する説明

この具体化は、図6の機能ブロックによって説明される。図6には以下が示される：

- 仮想カメラMC₀の模型のための第一の構成モジュールであるブロック 201、
- 制御ブロック 1のインタフェース 2で利用者により入力される、仮想カメラのパラメータ Φ_0 、 Θ_0 、 Ψ_0 、 Z_0 を蓄積する第一のモジュールであるブロック 210、
- 目標画像I₀のすべての画素m'のアドレスA₀の生成器であるブロック 113、
- 下記のように各情報を受信して幾何学変換を計算する第一のモジュールであるブロック 220：

- * アドレス生成器 113からは、m'のアドレスA₀を受信、
- * 構成モジュール 201からは、仮想カメラの模型MC₀を受信、
- * 第一の蓄積モジュール 210からは、仮想カメラのパラメータ Φ_0 、 Θ_0 、 Ψ_0 、 Z_0 を受信。

【0116】三次元空間においては、計算ブロック 220は、視点(P)と画素m'を通過する光線PMの位置を、二次元空間I₀におけるm'の位置付けに基づいて決定する。この目的のため、この計算ブロック 220は、前述のように、逆透視変換H₀⁻¹を加える。

— ブロック 204は、三次元空間における光線PMの位置を蓄積するモジュールであり、その位置は計算ブロック 220により供給される；

— 選択ブロック 205は、切り替えモジュール (switching module) で、位置の分かった光線PMに基づき、実カメラC_jを選択し、探している点mの存在する対応する原画像I_jを供給する；

— ブロック 206は、実カメラMC₁ ~ MC_nの模型を構成するための第二のモジュールで、歪みを修整する手段を含んでいる；

— ブロック 21.1 ~ 21.nは蓄積ブロックで、それぞれ実カメラのパラメータ Φ_1 ~ Φ_n 、 Θ_1 ~ Θ_n 、 Ψ_1 ~ Ψ_n 、 Z_1 ~ Z_n を蓄積するための第二の手段である；

— ブロック 22.1 ~ 22.nは下記の各情報を受信し、上記第二のモジュールで幾何学変換を計算する；

- * 切り替えモジュール 205から選択信号を受信、ただし例示したようにカメラC_jが既に選択されている場合には、原画像I_j関連の情報とともに受信、

* 第二の構成モジュール 206から、実カメラC_jの模型MC_jを受信、

* 上記の場合には蓄積モジュール 21.j (第二蓄積手段) から、実カメラのパラメータ Φ_j 、 Θ_j 、 Ψ_j 、 Z_j を受信する。現在の場合、計算モジュール 22.j (幾何学変換を計算する第二の手段) は、原画像I_jの平面により構成される二次元空間の中の点mの位置を計算するが、これは光線PMを蓄積するモジュール 204の提供する位置が基礎になり、またこの計算は前述の直接透視変換H_jにより行なう；ブロック 23.1 ~ 23.nは各点mのアドレスA_qを蓄積するブロックである。現在の場合、探している点mのアドレスA_qは蓄積モジュール 23.jの中で得られる。

【0117】切り替えモジュール 205が、既に別の一つの原画像を選択していたとすれば、別の計算モジュール 22.1 ~ 22.nが適切な直接変換H₁ ~ H_nを行なって、この別の原画像の点mの位置を定めていた筈である。

【0118】アドレス計算器 200で実行されるこれらの動作により、また図3に示すように、このアドレス計算器 200は、アドレスA_qを内挿器ブロック 112に加え、後者は対応する輝度関数Fを計算する。こうして、輝度関数Fの値をアドレスA₀の各画素に対応させることにより、蓄積ブロック 117の中で画像I₀が再構成される。

【0119】図2に示すように、画像I₀は次いで手段10において表示または蓄積される。

【0120】例えば境界領域で原画像が重複するなど、数個の原画像があり得る場合には、選択ブロック 205には二個の原画像から一個を選ぶ手段を含む。

【0121】二個の画像のうち一個を選択する一つの方法は、境界領域における二個の画像の間の接合部 (seam) が、重複領域のほぼ中央を通る直線になるかどうかを決定することである。この方法は、例えば図1に示すように、水平に併置され垂直な接合部を有するようなカメラについて適用できる。

【0122】当業者であれば、例えば接合部が円錐体上に放射状に並ぶような場合など、あらゆる種類の接合部を選択できる筈である。

【0123】これまで灰色レベルの画素の符号化について述べてきたことは、色彩画像の符号化にも適用できることを注意しておく。この符号化は単にビット数を増加するだけで実現する。

【0124】目標画像の中に接合部が目立たないようにするには、以下のような数種類の措置をとる必要のあることを銘記すべきである：

- 固定カメラを精密に較正すること、
- 仮想画像が欠陥無しに完全に併置されるまで、フィードバックを加えて結果を修整した後、固定カメラ模型のパラメータに、所要の変更を加えること。

【0125】この作業、すなわち初期化 (initialization) は較正作業の一部として組み込む必要がある。

【0126】各原画像には歪み修整 (distortion corre

ctions) を加えるべきことも注意しておきたい。これら作業のできる装置は市販されている。歪み修整器の動作の完全性の検定 (verification) も校正の一部である。

【0127】実カメラが異なれば、色彩または灰色レベルの強度応答曲線 (intensity response curve) も異なる可能性がある。校正作業にあたっては、均一な仮想画像を得るために、これら個々の応答について修整を行なう必要がある。

【0128】利用者インタフェイス 2 の制御は自動、手動何れでも可能である。一つの具体例として、このインタフェイスにジョイスティック (joystick) を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1Aは、実カメラが陸票の水平面に垂直な画像平面を持つ場合に、この陸票の水平面中の種々の画像平面の軌跡を示す平面図である。図1Bは、水平面での投影中に視た陸票 P_x, P_y, P_z を示す図である。図1Cは、特殊の座標軸システムを持つ原画像平面の立面図である。図1Dは、特殊の座標軸システムを持つ目標画像平面の立面図である。図1Eは、パノラマ式全景の副画像を構築するため仮想カメラに対し利用者の選定したパラメータを用いて2つの隣接実カメラの広角視野のセクションを限定する効果を表す図である。図1Fは、これらのパラメータの規定する仮想カメラにより構築された目標画像を示す図であり、この目標画像は、2つの実カメラの1番目により供給された原画像に基づいて構築された画像の1番目の部分と、2番目のカメラにより供給された原画像に基づいて構築された2番目の画像部分とから成る。図1Gは、 180° の視野をカバーするための3つの隣接する実カメラの配置を示す図である。

【図2】図2は、目標画像、実カメラ、利用者インタフェイス、及び目標画像を表示するシステムを構築するためのシステムを持つ画像処理装置を、機能ブロックの形で示す図である。

【図3】図3は、図2より更に詳細に、画像処理装置を

機能ブロックの形で示す図である。

【図4】図4は、原画像中のアドレスに関する輝度関数の値の計算を示す図である。

【図5】図5Aは、実カメラ及び仮想カメラのモデルを示す図である。図5Bは、目標画像及び原画像中の同じ輝度を持つ対応する点を通する同じ光線の行ったり来たりするこれらの対応する点の位置に対する透視効果及び歪み効果を、陸票の水平面上の投影中に示す図である。

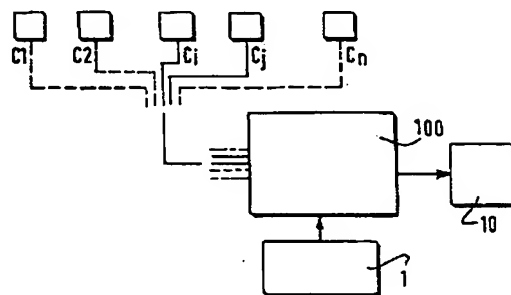
【図6】図6は、目標画像中のアドレスにおける画素に対応する原画像中の点のアドレスを計算するアドレス・コンピュータを、機能ブロックの形で画像処理装置を示す図である。

【図7】図7Aは、1番目の固定実カメラにより形成される1番目のデジタル原画像を示す図である。図7Bは、1番目のカメラに隣接する2番目の固定実カメラにより形成される2番目のデジタル原画像を示す図である。図7Cは、1番目の原画像に基づき構築された1番目の目標画像部分と2番目の原画像に基づき構築された2番目の目標画像部分との間の、歪み誤り及び透視誤りを示す図1Fの場合と同様のやり方で再構築されたデジタル目標画像を示す図である。図7Dは、画像処理装置により処理されて歪み誤り及び透視誤りが消去された後の、図7Cのデジタル目標画像を示す図である。

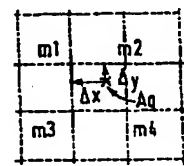
【符号の説明】

- 1 インタフェイス
- 2 利用者インタフェイス
- 10 表示手段 (記録手段)
- 100 画像再構成システム
- 101 変換手段
- 106, 113, 117 蓄積手段
- 110 原画像選択器
- 112 補間器 (インターポレータ)
- 200 アドレス計算器
- $C_1, \dots, C_i, \dots, C_n$ 固定実カメラ
- $I_1, \dots, I_i, \dots, I_n$ 原画像

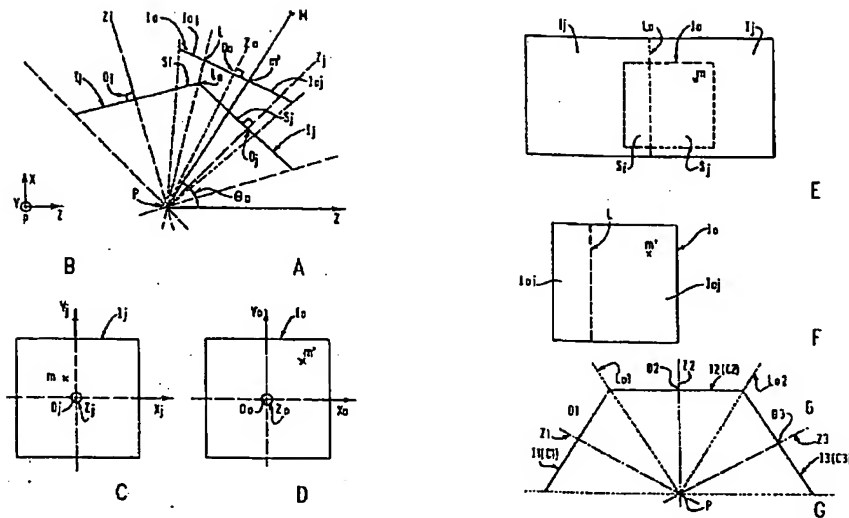
【図2】



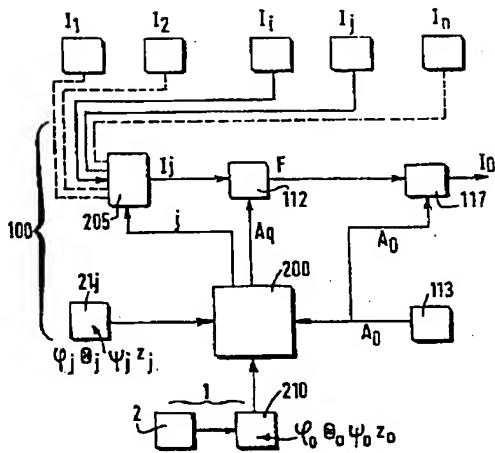
【図4】



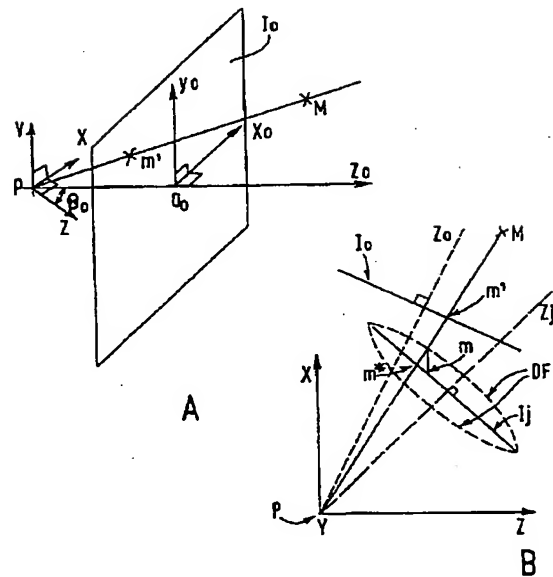
【図 1】



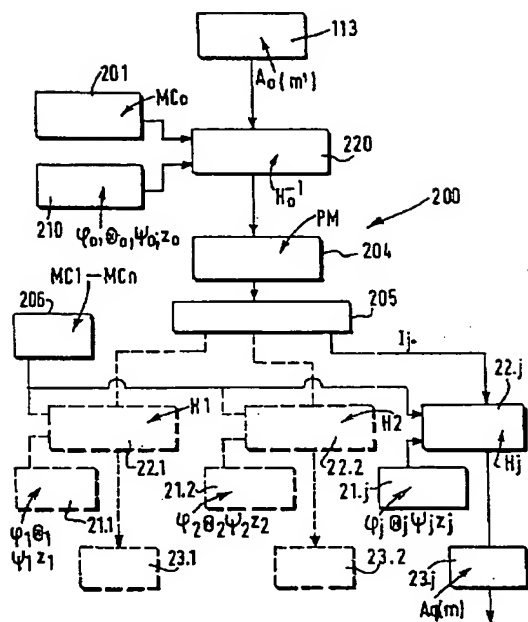
【図 3】



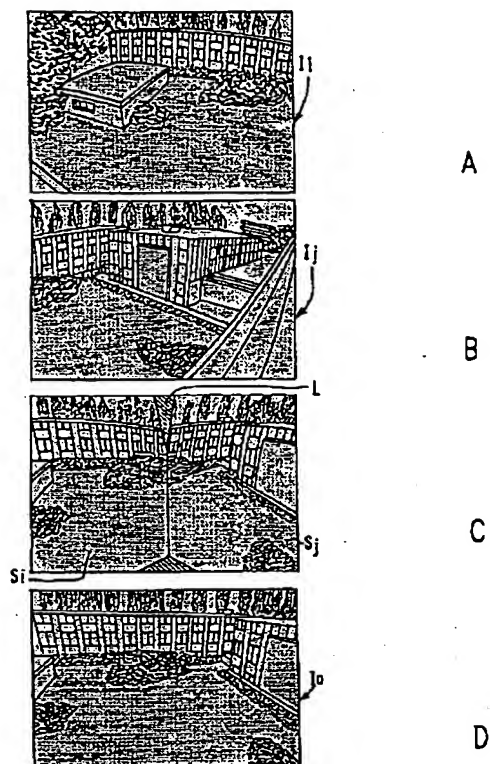
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 ホフェルト ウィレム ダルム
オランダ国 5508 テーエル フェルドホ
ーフェン オパーステヘイ 4

(72)発明者 ヤン クレイン
オランダ国 4811 セーイックス プレダ
ネウエ ボス ストラート 22

BEST AVAILABLE COPY